

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-256909

(43)Date of publication of application : 13.09.1994

(51)Int.Cl. C22C 38/00
B22D 11/06
C21D 8/02
C22C 9/00
C22C 30/02
C22C 38/18
C22F 1/08

(21)Application number : 05-002682

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 11.01.1993

(72)Inventor : SHIODA KOSAKU
NISHIMURA SATORU
SUGA YOZO

(30)Priority

Priority number : 05 544 Priority date : 06.01.1993 Priority country : JP

(54) METALLIC SHEET FOR ELECTRIC CONTACT SPRING HAVING SUPERIOR BENDABILITY AND EXCELLENT SPRING CHARACTERISTIC AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the inplane anisotropy of bendability and spring limit value by applying cross rolling to an Fe-Cu alloy under specific conditions and finely precipitating supersaturated copper by means of specific age precipitation treatment.

CONSTITUTION: This sheet is a metallic sheet for electric contact spring, where inplane anisotropy is reduced and the number of 90° alternating bend in a longitudinal direction (nL) of a coil containing 10-90wt.% Cu and that in a vertical direction (nC) are ≥3 times and the ratio between them (nC/nL) is 1-3 and further the spring limit value in each direction is ≥60kgf/mm² and which has 10%IACS electric conductivity at ordinary temp. and superior high-temp. creep resistance. A molten metal of the above metal is cast into a metallic sheet of 0.5-8mm sheet thickness at (10 to 1000)° C/s solidification cooling rate. Subsequently, the ratio between the draft rL at rolling in a longitudinal direction of material and the draft rC at rolling in a width direction is regulated to 1-10. The total draft is regulated to ≥30%. Then, annealing is done at 600-1100° C, followed by aging treatment at 300-650° C.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(2)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-256909

(43)公開日 平成 6 年(1994) 9 月13日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|-------|-----------|-----|--------|
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 2 | R | | |
| B 2 2 D 11/06 | 3 3 0 | B 7362-4E | | |
| C 2 1 D 8/02 | | D 7412-4K | | |
| C 2 2 C 9/00 | | | | |
| 30/02 | | | | |

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

| | | | |
|-------------|---------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平5-2682 | (71)出願人 | 000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号 |
| (22)出願日 | 平成 5 年(1993) 1 月11日 | (72)発明者 | 潮田 浩作 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式 会社技術開発本部内 |
| (31)優先権主張番号 | 特願平5-544 | (72)発明者 | 西村 哲 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式 会社技術開発本部内 |
| (32)優先日 | 平 5 (1993) 1 月 6 日 | (72)発明者 | 菅 洋三 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式 会社技術開発本部内 |
| (33)優先権主張国 | 日本 (J P) | (74)代理人 | 弁理士 宇井 正一 (外 4 名) |

(54)【発明の名称】 良好な曲げ性と優れたばね特性を有する電気接点ばね用金属板およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 良好な曲げ性と優れたばね特性を有する電気接点ばね用金属板を提供することを目的とする。

【構成】 重量%で10～80%Cuを含有するFe-Cu合金の薄肉鋳片をクロス圧延によりコイルの長手方向および幅方向の両方に、Fe相とCu相からなる2相組織を展開させ、これにより、異方性の小さい良好な曲げ性とばね性を有し、電気伝導度と耐熱クリープ性に優れた電気接点ばね用金属板を製造する。

【効果】 本発明材は、現行材のBe-Cu合金やTi-Cu合金と同等レベルの特性を有するので、Be-Cuにおける問題点；高価であること、環境を害すること、Ti-Cu合金における問題点；ばね限界値が劣ること、高価であること、表面特性（はん田性など）が劣ること、などを解決する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%でCu:10~90%を含有するFe-Cu合金であって、かつコイル長手方向および垂直方向の90度繰り返し曲げ回数（それぞれ n_L , n_C ）が3回以上でこれらの比（ n_C/n_L ）が1~3と小さい面内異方性を有し、さらにそれぞれの方向のばね限界値が60 kgf/mm²以上で、常温の電気伝導度が10% IACS以上あることを特徴とする良好な曲げ性と優れたばね特性を有する電気接点ばね用金属板。

【請求項2】 請求項（1）に記載の化学成分よりなる熔融金属を10から1000℃/sの凝固冷却速度で板厚0.5~8mmの金属板に鋳造し、素材長手方向の圧延圧下率（ r_L ）と幅方向の圧延圧下率（ r_C ）との比（ r_L/r_C ）を1~10とするとともに全圧下率が30%以上の冷間圧延を施し、次いで600~1100℃の温度範囲で焼鈍し、300~650℃の温度範囲で時効処理を施して残留応力の均一化処理を行なうことを特徴とする良好な曲げ性と優れたばね特性を有する電気接点ばね用金属板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電気接点・ばね材などとして用いられる金属板およびその製造方法に関する。本発明材は、面内異方性が小さく、良好な曲げ性と、優れたばね特性を有し、かつ良好な電気接点特性ならびに優れた耐熱クリープ性をもつ材料であるので、電気接点ばねなどの用途に好適の材料である。

【0002】

【従来の技術】 近年の電気機器の小型化、高密度化に対応するため、良好な曲げ性とばね特性を有し、優れた電気接点特性（高い電気伝導度と低い接触抵抗）と耐熱クリープ特性を有する電気接点ばね材料が要求されている。このような高級電気接点ばね用途には、従来からCuを基にしたBe-Cu合金やTi-Cuなどが用いられている。Be-Cu合金は、時効処理により著しくばね性は向上するが曲げ性が劣化するので、一般的には加工をした後に時効処理を施しばね性を改善している。しかし、Be-Cu合金は、特性は優れているものの、その特性を引き出すためには前述のような複雑な工程が必要であり、また、環境を著しく害するBeを添加しているため、基本的な問題があった。したがって、長年Be-Cu合金に替わる材料が熱望されてきた。

【0003】 一方、Ti-Cu合金は、ばね限界値がBe-Cu合金の100 kgf/mm²以上に対し50~80 kgf/mm²と劣り、またTiを通常3%程度用いるため安定な表面膜が形成され、接触抵抗やはんだ性などの表面特性に問題があった。このような問題を解決するために高強度Cu基合金の開発が鋭意推進されている。たとえば、特開平1-180930号公報記載の内容によれば、CuにMg, Pなどを添加し60 kgf/mm²程度まで

で高強度化することにより、ばね限界値として50 kgf/mm²のレベルまで改善した電気接点ばね材料の開発が達成されている。しかし、Be-CuやTi-Cu合金のような高級電気接点ばね材料と比較すると、ばね限界値が不十分である。また、特開昭60-2318442号公報記載のCu基合金では、Sn, Fe, Si, P, Ni, Cr, Ti, Coなどを添加して高強度化を図っている。しかし、これらの元素の添加は、合金コストの上昇、電気伝導度の劣化といった問題を招くと同時に、Cu基合金では本質的に上に述べた現行材並に高強度化することが極めて困難であり、ばね限界値が劣るという問題がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 以上のような課題を解決するために本発明者らは、Cu量が10%~90%までの広い範囲で変化したFe-Cu合金の開発に取り組んできた。すでに、特公平3-59131号公報および特公平4-024420号公報に開示しているように、Fe-Cu合金はFe相とCu相とからなる二相合金であり、基本的には強度をFe相で電気伝導度をCu相で確保することにより、それぞれの相の特徴を最大限に活用する点に特徴がある。この観点から、本合金は強度と電気伝導度のバランスに優れている。しかし、一方向の冷間圧延・焼鈍の工程を経て製造する場合には、二相合金であるがゆえにたとえ再結晶焼鈍しても組織が圧延方向に延びた形状を有するため特性の面内異方性、特に曲げ性の面内異方性が大きくなる欠点を持つ。

【0005】 従って、本発明が解決しようとする第1の課題は、Fe-Cu合金の曲げ性の面内異方性を改善することであり、さらに第2の課題は、上記合金のばね限界値を改善することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記課題を解決するために構築されたものであり、その要旨は以下のとおりである。

（1）重量%で10~90%Cuを含有するFe-Cu合金であって、かつコイル長手方向および垂直方向の90度繰り返し曲げ回数（それぞれ n_L , n_C ）が3回以上でこれらの比（ n_C/n_L ）が1~3と小さい面内異方性を有し、さらにそれぞれの方向のばね限界値が60 kgf/mm²以上で、常温の電気伝導度が10% IACS以上有する耐熱クリープ性に優れた電気接点ばね用金属板。

【0007】 （2）上記（1）に記載の化学成分よりなる熔融金属を10から1000℃/sの凝固冷却速度で板厚0.5~8mmの金属板に鋳造し、次に素材長手方向の圧延圧下率（ r_L ）と幅方向の圧延圧下率（ r_C ）との比（ r_L/r_C ）を1~10とするとともに全圧下率が30%以上の冷間圧延を施し、次いで600~1100℃の温度範囲で焼鈍し、300~650℃の温度範囲

で時効処理を施したのち、残留応力の均一化処理を行なう面内異方性が小さく良好な曲げ性と優れたばね特性と電気接点特性を有する電気接点ばね用金属板の製造方法。

【0008】本発明者らは上記発明を完成するために、まず第1に、曲げ性の改善について鋭意研究開発を行った。その結果、本合金のように二相組織からなる合金の曲げ特性の面内異方性を改善するためには、組織を等方的にすることが基本であることに着目し、一方向のみに圧延加工を施すのではなく、これと垂直方向にも圧延を施せば、すなわちクロス圧延を行えば組織がより均一となるので、曲げ特性の面内異方性が著しく改善されるという工業的に極めて重要な知見を得た。これは、クロス圧延により金属組織が一方向のみに展伸するのでなく、これと垂直方向にも展伸するため面内異方性が小さくなるものと考えられる。クロス圧延を施すためには、簡単には切り板で圧延方向を互いに直行する二つの方向にとってもよく、あるいはコイル形状で連続的に処理してもよい。

【0009】第2に、ばね限界値を向上する方法についても研究を重ねた結果、従来から取り組まれている材料の高強度化ではなく、ばね限界値が弾性変性からミクロ的な降伏現象の生じる領域での降伏挙動と対応するものと考えられるので、材料特性的には縦弾性係数（ヤング率）の向上およびミクロ降伏の改善が特に重要であることが判明した。

【0010】まずFe-Cu合金のヤング率の改善方法について述べると、ヤング率は、同じ組成の材料でも、結晶方位によって大きく異なる。たとえば、Feのランダム方位のヤング率は、約21000 kgf/mm²であり、最大方向の〈111〉には29000 kgf/mm²となる。また、ヤング率は少量の元素を添加しても殆ど変化しないが、本発明合金のようにFeに多量のCuを添加する場合にはヤング率がかなり低下することが予想される。一方、CuはFeより融点が高いためヤング率が約13000 kgf/mm²とFeより著しく低い。

【0011】そこでFe-Cu合金のヤング率をFe並に高く維持するために、次のような新たな発想に基づいて改善に取り組んだ。すなわち、本発明者らは、まずCu量が10%から90%の範囲のFe-Cu合金は二相組織となることに着目した。もし、引張り試験方向にヤング率の高いFe相が展伸しておれば、その方向のヤング率を高めることが可能となる。従って、クロス圧延と焼鈍の基本工程で製造したFe-Cu合金では、Fe相が圧延方向およびこれに直角な方向の二つの方向に展伸しているので、これら両方向におけるヤング率はFeのヤング率に近い高い値が得られることになる。

【0012】次に、Fe-Cu合金のミクロ降伏強度を最大限に上昇させる方策について述べる。後述するように、本発明においては双ロール法で鋳片を製造するが、

この方法のように急冷凝固するとFe相に多量のCuが過飽和に固溶する（Fe-Cuの平衡状態図によれば約10%Cuと予想。ただし、従来のプロセスでは約2%である。）ので、この過飽和Cuをその後の適正な時効析出処理で著しく微細に析出させることにより、ミクロ降伏強度を最大限に高めることが可能となる。

【0013】なお、本発明の基本組成であるCu量が10%から90%の範囲のFe-Cu合金を製造するためには、溶融金属を急冷して0.5mmから8mmの板厚の鋼帯に直接鋳造することが必須である。すなわち、特公平4-024420号公報記載のように、従来からの基本工程である熱間圧延を本発明合金に適用すると、Cu相は圧延温度域で未だ融液状態にあるため、熱間脆化が発生する。これを抜本的に防止するために、急冷凝固を活用したストリップキャスト法例えば双ロール法を採用する。さらに、この方法によれば、Fe相にCuを最大限過飽和に固溶させることも可能である。

【0014】一方、このようにして鋳造したFe-Cu合金は良好な冷間圧延性をもっており、電気接点ばね材として通常用いられる0.1mm以下の金属箔の領域まで、冷間圧延することが可能となる。また、このような固溶Cuが最後の時効析出処理で微細に析出し、ミクロ降伏強度を向上させるのは、上に述べた通りである。また、このような機構を活用しているため、通電発熱時に耐えられるばね性、すなわち耐熱クリープ性にも優れることが期待できる。

【0015】本発明はこのような従来にはない新しい知見に基づいて成されたものである。

【0016】

【作用】本発明において材料特性、鋼組成および製造条件を上述のように限定する理由について詳細に説明する。

【0017】（1）曲げ性：4方向に曲げ加工が入る電気接点ばね材料においては、良好な曲げ加工性でかつ面内異方性の小さいことが求められる。まず、曲げ加工性を満足するためには、コイル長手方向に垂直（ n_c ）および平行（ n_l ）に90度曲げる場合の繰り返し曲げ回数がそれぞれ3回以上あることが必要である。次に、これらの比（ n_c/n_l ）を1～3の範囲とする。 n_c/n_l が3を超すと面内異方性が大きくなる。

【0018】（2）ばね限界値：Be-CuあるいはTi-Cuなどの高級電気接点ばね材料の代替となり得るためには、ばね限界値は60 kgf/mm²の値となる必要がある。また、薄型化してもスティフネスを維持し、かつ優れたばね限界値を有するためには、ヤング率の向上が必須である。現行の高強度Cu合金のヤング率は約13000 kgf/mm²程度であるので、13000 kgf/mm²以上のヤング率を目標とする。

【0019】（3）電気伝導度、接触抵抗：Be-Cu、Ti-Cu合金の電気伝導度は、大略10%IAC

S程度であるので、10% IACS以上を必要特性とした。

【0020】(4) 組成：基本組成は、重量%で10~90% Cuを含有するFe-Cu合金とするが、これに耐食性を維持する目的でCrを0.1~10%、Moを0.001~1.5%の範囲でそれぞれ添加してもよく、また強度、加工性、メッキ性を改善する目的で、選択元素としてTi, Zr, Si, Al, Ni, Zn, Sn, Nb, P, La, Ce, Y, V, Ca, Be, MgまたはHfの1種または2種以上を合計で0.005~8%添加してもよい。

【0021】(5) 製造方法

(イ) 凝固冷却速度と casting 板厚：熔融金属を10から1000℃/sの凝固冷却速度で板厚0.5~8mmの金属板に casting する。凝固冷却速度が10℃/s未満となるとFe相とCu相とからなる凝固組織が極めて粗くなり、いわゆる急冷凝固の効果が消失する。また、凝固冷却速度が1000℃/s超となると、凝固シェルの発達が多分となるため、 casting がきわめて不安定になる。また、 casting 厚は上記凝固冷却速度との関係から0.5から8.0mmとなる。

【0022】(ロ) 冷間圧延条件：上記した casting 板を必要に応じて酸洗あるいは表面研削したのちに冷間圧延する。冷間圧延条件は面内異方性が小さく良好な曲げ性を確保するために、本発明において最も重要な構成要件である。まず、全圧下率は強度と製品厚を満足するために30%以上とする。次に、素材長手方向の圧延圧下率(r_L)と幅方向の圧延圧下率(r_C)との比(r_L/r_C)が1~10となるような範囲でクロス圧延を施す。このようなクロス圧延は切り板は勿論のこと、コイルでも可能である。また、 r_L/r_C の値が1未満および10超の値となると、クロス圧延の効果がなくなり曲げ性の面内異方性が目標を満たさなくなる。また、素材長手方向への圧延と幅方向への圧延の順序は曲げ性の面内異方性に基本的には影響しないので問わないが、最終製品の表面性状の観点から、最終の5%以上の冷間圧延は、素材長手方向に施すのが好ましい。

【0023】(ハ) 冷間圧延後の焼鈍条件：上記冷間圧延材を600~1100℃の範囲、好ましくは800~1050℃で連続焼鈍する。焼鈍温度が600℃未満となると、延性が不足するため曲げ性が悪い。一方、1100℃超の温度で焼鈍すると、Cuの融点を越えるので品質上の欠陥が生じたり、板破断する問題が発生する。また、焼鈍中にCuが析出することを極力抑制するために焼鈍は極力短時間とする。

【0024】(ニ) 調質圧延の条件：上記焼鈍の後、必要に応じて1~10%の調質圧延を施す。調質圧延は、a) 上記焼鈍で劣化した板形状を改善し、次の研磨工程において均一な研磨が可能となるような役割、b) さらに後の300~650℃の時効処理において所望の強度

を得る役割、を有する。調質圧延率が1%未満では上に述べた二つの役割が達成されない。一方、10%超になると曲げ性が劣化する。

【0025】(ホ) 時効処理温度条件：300~650℃の温度範囲、好ましくは400~550℃の温度範囲で時効処理を行う。時効処理は、Fe相においては著しく過飽和に固溶しているCu微細に析出させ強度を上昇させること、Cu相においては固溶FeをTi, Zrなどで固定し電気伝導度を向上させること、が役割である。時効処理温度が300℃未満になると上に述べた析出や固定の反応が生じない。一方、650℃超では過時効となりむしろ強度が低下する。

【0026】(ヘ) 酸洗条件：本発明合金を通常の塩酸、硝酸、硫酸などを用いた酸洗条件で酸洗すると、表面がCuとなる。その機構については必ずしも明確でないが、Cuの置換析出機構などが考えられる。したがって、冷間圧延前あるいは冷間圧延後の適正なところで酸洗し、表面にCu相を形成すると、接触抵抗を著しく低下することもできる。

【0027】かくして、本発明によれば、面内異方性の小さい良好な曲げ性をもち、70 kgf/mm²以上の優れたたばね限界値を有し、10% IACS以上の電気伝導度と耐熱クリープ特性に優れた、重量%で10~90% Cuを含有するFe-Cu合金電気接点ばね用途金属板を得ることができる。

【0028】

【実施例】

【実施例1】表1に示す組成を有するFe-30% Cu合金を実験室的に真空溶製した。すなわち、基本組成はFe-30% Cu合金であるが、耐食性を確保するためにCr, Moを、強度と電気伝導度のバランスを改善するためにZr, Tiを、さらに casting 性を改善するためにAlを添加した。双ロール casting 機を用いて、320℃/sの表面冷却速度で板厚2.0mmを casting した。その後1.9mm厚までコイル研削機でコイルの両面を研削した。続いて0.13mm厚まで冷間圧延を施すにあたり、素材の長手方向の圧下率 r_L とその垂直方向の圧下率 r_C との比(r_L/r_C)を表2に示すように種々変化させた。なお簡単のために、最初に素材長手方向に $(1 - (1 - r_L)^{1/2})$ の圧下率で圧延し、続いてその垂直方向に圧下率 r_C の圧延を施し、最後に素材長手方向に圧下率 $(1 - (1 - r_L)^{1/2})$ の圧延を施した。

【0029】このように作製された冷間圧延板を光輝焼鈍炉にて焼鈍した。焼鈍条件は、1000℃-20sである。次に、圧下率4%の調質圧延を施したのち、表面膜を研磨法で除去した。続いて、真空炉にて450℃で6時間の時効処理焼鈍を行い、その後残留歪を除去するために450℃でテンションアニールした。最後に酸洗(50℃の20%塩酸水溶液に10s浸漬)し、表面にCu相を形成した。

【0030】

【表1】

| 鋼 | Fe | Cu | 化学組成 (wt%) | | | | Ti | Zr | Al |
|---|---------|----|------------|-----|--|--|-----|------|-----|
| | | | Cr | Mo | | | | | |
| A | balance | 28 | 6.5 | 0.2 | | | 1.5 | 0.11 | 0.5 |

【0031】

【表2】

| 鋼 | 圧下率 (×100%) | | nc | 繰り返し 曲げ回数 | | 電 気 伝導度 %IACS | ヤング率 (kgf/mm ²) E _L | 強 度 (kgf/mm ²) K _{B, L} | ばね限界値 (kgf/mm ²) K _{B, L} | 考 備 |
|----------------|----------------|----------------|------|----------------|--------------------------------|---------------------|--|--|--|--------|
| | r _L | r _c | | n _L | n _c /n _L | | | | | |
| A-1 | 74 | 74 | 1 | 8 | 1 | 17 | 18900 | 92 | 82 | 本発明 |
| A-2 | 86.4 | 50 | 1.7 | 7 | 1.3 | 17 | 18700 | 93 | 83 | 本発明 |
| A-3 | 91.5 | 20 | 4.6 | 6 | 1.5 | 17 | 18650 | 93 | 83 | 本発明 |
| A-4 | 92.4 | 10 | 9.2 | 4 | 2.5 | 18 | 18600 | 94 | 84 | 本発明 |
| A-5 | 92.8 | 5 | 18.6 | 3 | 3.7 | 18 | 18500 | 95 | 85 | 比較 |
| A-6 | 93.2 | 0 | | 3 | 3.7 | 18 | 18500 | 95 | 85 | 比較 |
| Be-Cu (時効前) | 74 | 74 | 1 | 12 | 1.25 | 18 | 11700 | 66 | 47 | 比較 |
| (時効後) | | | | 1 | 1 | 24 | 11800 | 135 | 113 | 比較 |
| Ti-Cu | | | | 2 | 3.5 | 11 | 10700 | 100 | 52 | 比較 |

r_L : 素材長手方向の全圧下率 (ただし、クロス圧延前後に施す圧下率はそれぞれ $(1 - (1 - r_L)^{1/2})$ となる)、
 r_c : 素材幅方向の全圧下率、 n_c, n_L : 素材長手方向に垂直、および平行に曲げた場合の繰り返し曲げ回数
 E_L, E_c : 素材長手方向に平行、および垂直方向の縦弾性係数 (ヤング率)
 $K_{B, L}, K_{B, c}$: 素材長手方向に平行、および垂直方向のばね限界値

【0032】引張り特性はJIS13号B試験片を用いて10mm/minのクロスヘッド変位速度で評価した。繰り返し曲げ試験は、MIL-STD-883/2004に準拠して行い、0.5mm幅×30mm長×0.13mm板

厚の試験片に225gfの荷重を加え90°曲げを繰り返し施した。曲げ回数1回とは、90度曲げ1回に相当する。ばね限界値 (K_B 値) は、薄板ばね試験機 (JIS H3130) を用いて測定した。ヤング率は共振法を用

いて求めた。また、電気伝導度は4端子法を用いて評価した。また、表2に比較のために、市販のBe-Cu (C-1720P)、およびTi-Cu合金(YCUT)の結果も示した。

【0033】表2から明かなように、クロス圧延技術を活用した本発明材は良好な曲げ性を有しかつその面内異方性が小さい。さらに、ばね限界値に優れておりその面内異方性も小さい。また、研磨(#500)後、SQメーターで測定した本発明合金の接触抵抗は、約0.9Ωであり、従来材並である。耐熱クリープ特性は、次のように評価した。幅12.7mm×長さ120mm (L_0)の試験片を使用し、この試験片を長さ110mm (L_1)×深さ3mmの水平縦長溝を有する治具に中央部が上部に湾曲するようにセットし、この状態で200℃に500時間保持し、前記治具から取り外した状態における前記試験片の両端部間の距離 (L_2) を測定し、応力緩和率 $(L_0 - L_2) / (L_0 - L_1) \times 100\%$ をもって、耐熱クリープ特性とした。本合金の応力緩和率は約3%と極めて良好である。さらに、表面粗度も1.0μmと十分小さい。ここで、表面粗度は、25mm長にわたる粗度測定におけるRmaxである。耐食性の評価を48時

間の塩水噴霧試験による赤錆発生率から実施したが、本発明材はCu基合金並の実力を有し何ら問題はなかった。また、本発明材の半田性は、濡れ面積率から評価した結果良好であることを確認した。

【0034】〔実施例2〕実施例1の知見を基に、表3に示す化学組成を有する鋼B (Fe-50%Cu合金)、鋼C (Fe-75%Cu) を実験室的に溶製した。これらの鋼には、実験例1と同様にCr, Mo, Zr, Ti, Alを添加している。さらに、双ロール鋳造機を用いて、板厚2.0mmの鋳片を鋳造した。1.9mm厚までコイル研削機でコイルの両面を研削した後、酸洗した(50℃の20%塩酸水溶液に60s浸漬)。続いて0.13mm厚まで冷間圧延を施すにあたり、素材の長手方向の圧下率 r_L とその垂直方向の圧下率 r_C との比 (r_L / r_C) を表4に示すように種々変化させた。なお簡単のために、最初に素材圧延方向に $(1 - (1 - r_L)^{1/2})$ の圧下率で圧延し、続いてその垂直方向に圧下率 r_C の圧延を施し、最後に素材長手方向に圧下率 $(1 - (1 - r_L)^{1/2})$ の圧延を施した。

【0035】

〔表3〕

| 鋼 | Fe | Cu | 化学組成 (wt%) | | | | |
|---|---------|----|------------|-----|-----|------|-----|
| | | | Cr | Mo | Ti | Zr | Al |
| B | balance | 49 | 2.0 | 0.2 | 1.5 | 0.20 | 0.5 |
| C | balance | 74 | 6.5 | 0.1 | 2.5 | 0.71 | 0.5 |

【0036】

〔表4〕

| 鋼 | 圧下率 ($\times 100\%$) | | | 繰返し 曲げ回数 | | 電 気 伝導度 %IACS | ヤング率 (kgf/mm^2) | | 強 度 (kgf/mm^2) | ばね限界値 k_B (kgf/mm^2) $K_{B,L}$ $K_{B,C}$ | | 考 備 |
|----------------|---------------------------|-------|-----------|-------------|-----------|---------------------|--------------------------------------|-------|-------------------------------------|--|-----|--------|
| | r_L | r_C | r_L/r_C | n_L | n_C/n_L | | E_L | E_C | | | | |
| B-1 | 86.4 | 50 | 1.7 | 8 | 1.3 | 39 | 17800 | 17800 | 84 | 73 | 73 | 本発明 |
| B-2 | 91.5 | 20 | 4.6 | 7 | 1.7 | 40 | 17900 | 17700 | 85 | 68 | 74 | 本発明 |
| B-3 | 93.2 | 0 | | 3 | 4.3 | 41 | 18000 | 17600 | 85 | 49 | 75 | 比較 |
| C-1 | 86.4 | 50 | 1.7 | 9 | 1.2 | 63 | 15800 | 15700 | 77 | 68 | 68 | 本発明 |
| C-2 | 91.5 | 20 | 4.6 | 8 | 1.5 | 64 | 15900 | 15600 | 78 | 63 | 69 | 本発明 |
| C-3 | 93.2 | 0 | | 4 | 3.8 | 65 | 16000 | 15500 | 78 | 43 | 71 | 比較 |
| Be-Cu (時効前) | — | — | — | 15 | 1.25 | 18 | 11700 | 12700 | 66 | 47 | 50 | 比較 |
| Be-Cu (時効後) | — | — | — | 1 | 1 | 24 | 11800 | 12800 | 135 | 113 | 114 | 比較 |
| Ti-Cu | — | — | — | 7 | 3.5 | 11 | 10700 | 12300 | 100 | 52 | 84 | 比較 |

r_L : 素材長手方向の全圧下率 (ただし、クロス圧延前後に施す圧下率はそれぞれ $(1 - (1 - r_L)^{1/2})$ となる)、
 r_C : 素材幅方向の全圧下率、 n_C , n_L : 素材長手方向に垂直、および平行に曲げた場合の繰返し曲げ回数、
 E_L , E_C : 素材長手方向に平行、および垂直方向の縦弾性係数 (ヤング率)
 $K_{B,L}$ $K_{B,C}$: 素材長手方向に平行、および垂直方向のばね限界値

【0037】このように作製された冷間圧延板を光輝焼鈍炉にて焼鈍した。焼鈍条件は、 $1000^\circ\text{C} - 60\text{s}$ である。次に、圧下率2%の調質圧延を施したのち、真空炉にて 475°C で7時間の時効処理焼鈍を行い、続いて残留歪を除去するために 450°C でテンションアニールした。そして、コイルを連続的に酸洗 (50°C の20%塩酸水溶液に20s浸漬) したのち、次に述べる電気接点ばね用途としての基本的な性能を評価した。

【0038】すなわち、引張り試験、繰返し曲げ試験、ばね限界値、ヤング率、電気伝導度測定、表面粗度測定などを評価した。これらの評価測定法は、実施例1

と全く同様である。結果を表4にまとめて示す。また、比較のために同表に、市販のBe-Cu合金 (C-1720P)、およびTi-Cu合金 (YCUT) の結果も示す。表から明らかなように、本発明材はクロス圧延技術により面内異方性の小さい良好な曲げ性を有する。さらに、優れたばね限界値を有しかつその面内異方性も小さい。さらに、実施例1と同様に、耐熱クリープ試験、接触抵抗、表面粗度を測定した。本発明合金の鋼Bの応力緩和率は約4%、鋼Cは約6%であり、いずれも良好である。接触抵抗は、それぞれ 0.9Ω 、 0.8Ω であり、良好である。また、粗度も約 $1.0\mu\text{m}$ であり十分

小さい。また、耐食性、ハンダ性も良好であることを確認した。

【0039】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明材は優れた曲げ性、ばね限界値を有しかつその面内異方性が小さく、優れた電気接点特性と耐熱クリープ特性を有するの

で、従来から用いられているBe-CuやTi-Cuなどの高級電気接点ばね用途に好適である。本発明により、Be-Cu合金の環境問題が緩和され、低コストでTi-Cuを上回る性能の高級電気接点ばね材が供給できるので、本発明の工業的意義は極めて高く、多くの分野に影響を及ぼすので、その効果は著しい。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

C 2 2 C 38/18

C 2 2 F 1/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B